

GEOSSINTÉTICOS: TIPOS E FUNÇÕES

1

1.1 Tipos e definições

De forma sucinta, entende-se por geossintético o produto polimérico para uso em obras geotécnicas e de proteção ambiental. Em sua concepção mais abrangente, inclui os produtos oriundos de polímeros manufaturados ou naturais, embora os primeiros predominem na maioria das aplicações, particularmente naquelas que requerem elevadas vidas úteis. Esses produtos podem ser utilizados em uma grande variedade de problemas geotécnicos, tais como reforço (estruturas de contenção, taludes íngremes ou aterros sobre solos moles) ou estabilização de solos, drenagem e filtração, barreiras para fluidos e gases, controle de erosão, barreira de sedimentos, proteção ambiental etc.

Atualmente, dispõe-se de uma grande variedade de produtos geossintéticos, cuja terminologia (com base na norma NBR 12553/2003), abreviações e características básicas são:

- *Geobarra (GB)*: produto em forma de barra, com função predominante de reforço.

- *Geotêxtil (GT)*: produto têxtil permeável, utilizado predominantemente na Engenharia Geotécnica e Geoambiental, com funções de drenagem, filtração, reforço, separação e proteção (Fig. 1.1). De acordo com o processo de manufatura, pode ser classificado em:

◇ *Geotêxtil não tecido (GTN)*: produto composto de fibras ou filamentos distribuídos espacialmente de forma aleatória. Dependendo do processo de solidarização das fibras, pode ser subclassificado em:

▸ *Geotêxtil não tecido agulhado (GTNa)*: as fibras são ligadas mecanicamente por processo de agulhagem.

▸ *Geotêxtil não tecido termoligado (GTNt)*: as fibras são interligadas por fusão parcial por meio de aquecimento.

▸ *Geotêxtil não tecido resinado (GTNr)*: as fibras são interligadas por meio de produtos químicos.

◇ *Geotêxtil tecido (GTW)*: produto resultante do entrelaçamento de fios, filamentos ou laminetes segun-

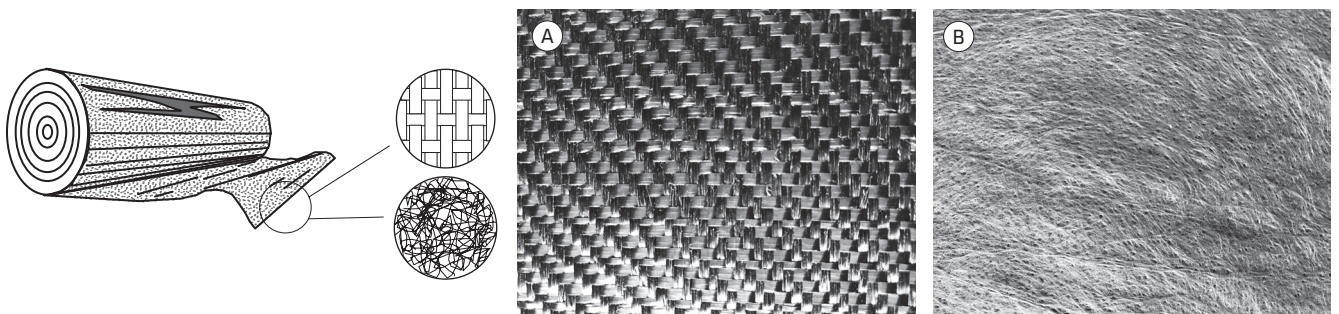


Fig. 1.1 (A) Geotêxtil tecido e (B) geotêxtil não tecido (imagens ampliadas)

do direções preferenciais de fabricação, denominadas trama (sentido transversal) e urdume (sentido longitudinal).

◊ *Geotêxtil tricotado (GTK)*: produto cujos fios são entrelaçados por tricotamento.

- Os geotêxteis podem ser altamente anisotrópicos no que diz respeito a propriedades de engenharia relevantes. Por exemplo, os coeficientes de permeabilidade na direção normal ao plano da manta e ao longo do plano da manta podem ser bem diferentes. O mesmo se aplica à resistência e rigidez à tração em diferentes direções, particularmente nos geotêxteis do tipo tecido. Assim, quando esses materiais são utilizados como reforço, é de fundamental importância atentar para a coincidência entre a direção de máxima sollicitação imposta pela obra e a direção de máxima resistência e rigidez do reforço.

- *Geogrelha (GG)*: estrutura plana em forma de grelha constituída por elementos com função predominante de resistência à tração (Fig. 1.2). De acordo com o processo de manufatura, pode ser classificada em:

◊ *Geogrelha extrudada (GGE)*: confeccionada por processo de extrusão e sucessivo estiramento. O estiramento em sentido único origina geogrelhas unidirecionais, ao passo que o estiramento nos dois sentidos origina geogrelhas bidirecionais.

◊ *Geogrelha soldada (GGB)*: nesse caso, os elementos de tração longitudinais e transversais da geogrelha são soldados nas juntas, geralmente produzi-

das com feixes de filamentos recobertos por capa protetora.

◊ *Geogrelha tecida (GGW)*: formada por elementos de tração longitudinais e transversais tricotados ou tecidos nas juntas, geralmente produzidos com feixes de filamentos revestidos por capa protetora.

- As geogrelhas também podem apresentar anisotropia de resistência e rigidez à tração nas direções normal e paralela à direção do eixo do rolo. Geogrelhas uniaxiais são anisotrópicas em termos de resistência e rigidez à tração, com a resistência em uma direção (geralmente a normal à direção do eixo do rolo) significativamente maior que na outra. Geogrelhas biaxiais apresentam os mesmos valores, ou valores próximos, de resistência e rigidez à tração nas direções normal e paralela ao eixo do rolo. No caso de geogrelhas uniaxiais, sua correta orientação diante das sollicitações esperadas na obra também é de fundamental importância. Mais recentemente estão disponíveis geogrelhas multiaxiais, com aberturas com forma triangular (Fig. 1.2B).

- *Geotira (GI)*: tira plástica para utilização como reforço em obras de solo reforçado. É fornecida em rolos e geralmente constituída por feixes de fibra sintética (poliéster, por exemplo) envolta por capa ou matriz de material de proteção (PVC ou polietileno).

- *Geocélula (GL)*: produto com estrutura tridimensional aberta, constituída por células interligadas que confinam mecanicamente os materiais nelas inseridos, com função predominante de reforço e controle de erosão, podendo também, por empilhamento, formar estruturas de contenção de gravidade (Fig. 1.3). As geocélulas são fornecidas comprimidas, o que facilita o transporte. Na obra, são expandidas, e grampos são utilizados para manter os painéis abertos após a instalação sobre o terreno e antes de seu preenchimento. O preenchimento estratégico de unidades celulares selecionadas também pode manter todo o painel aberto sobre o terreno durante a execução da obra.

- *Geocomposto (GC)*: produto formado pela associação de um ou mais geossintéticos. Dependendo da função predominante, pode resultar em geocomposto para drenagem, para reforço etc. (Fig. 1.4).

◊ *Geocomposto argiloso (GCL)*: produto formado pela associação de geossintéticos a um material argiloso de baixa permeabilidade com a finalidade de funcionar como barreira contra líquidos e gases (Fig. 1.5). Internacionalmente, é conhecido pela terminologia GCL, sigla de *geocomposite clay liner*.

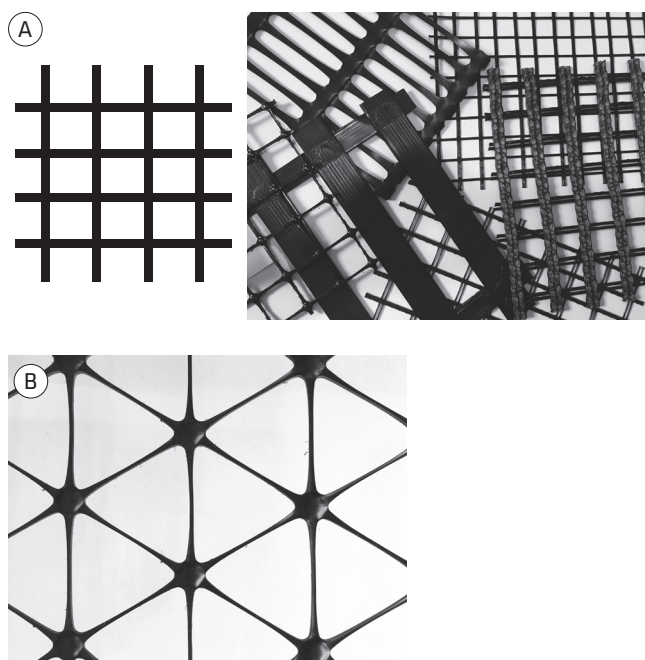


Fig. 1.2 (A) Geogrelhas uniaxiais e biaxiais típicas e (B) geogrelha multiaxial

Fonte: cortesia de (A) Huesker, Maccaferri e Tensar e (B) Tensar.

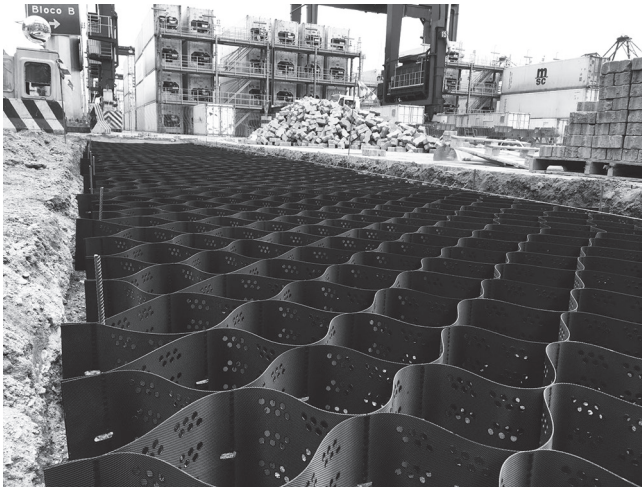
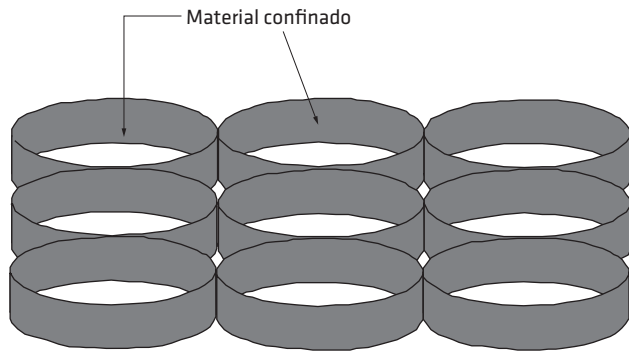


Fig. 1.3 Geocélula
Foto: cortesia de Geo Soluções.

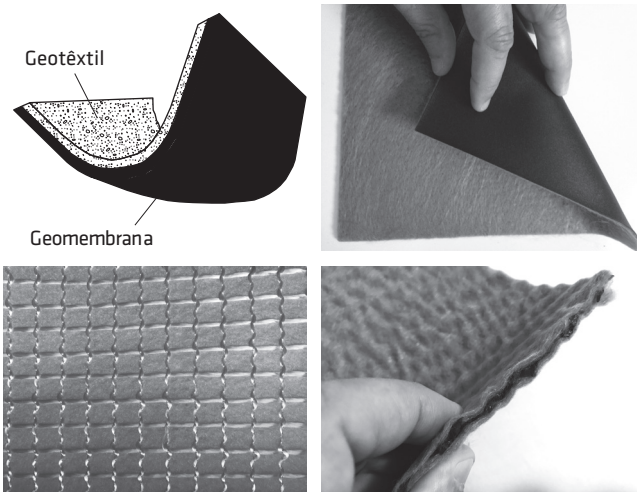


Fig. 1.4 Geocompostos
Fotos: cortesia de Ober/Sansuy, Huesker e Roma.

◇ **Geocomposto para drenagem (GCD):** associação de um ou mais geossintéticos formando produto para drenagem (Fig. 1.6). É fornecido em rolos e instalado no terreno para drenagem em taludes, escavações e para a aceleração de recalques de aterros sobre solos moles. No caso de aceleração de adensamento de solos moles, os geocompostos para drenagem são também conhecidos como

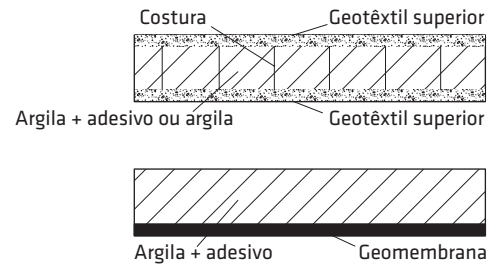


Fig. 1.5 Alguns tipos de geocomposto argiloso
Foto: cortesia de Ober.

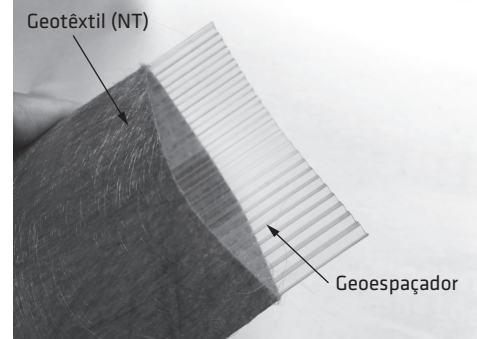
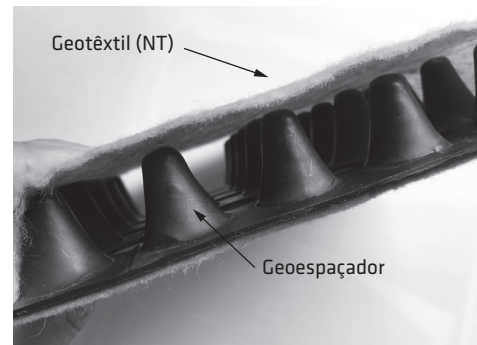


Fig. 1.6 Geocompostos para drenagem
Fotos: cortesia de Maccaferri e Contech.

drenos sintéticos, drenos pré-fabricados ou drenos em tira. As grandes vantagens desses produtos em relação aos drenos naturais (granulares) são facilidade de transporte, uniformidade e homogeneidade do produto e rapidez de instalação.

- **Geoespaçador (GS):** componente sintético visando prover grande quantidade de espaços vazios entre estruturas contíguas, com função principal de drenagem (Fig. 1.7).

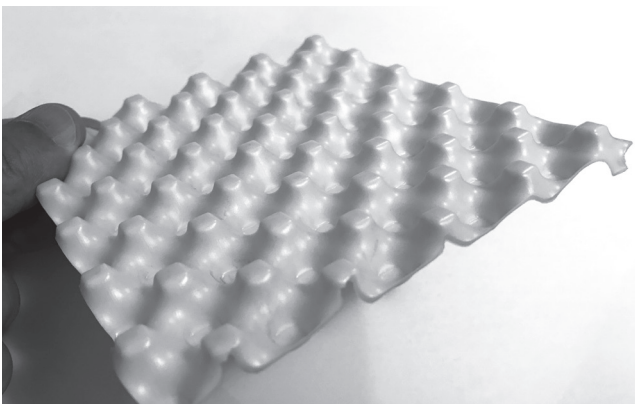


Fig. 1.7 Geoespaçadores
Foto: (cortesia de ABG).

- **Geoexpandido (GE):** produto fabricado com polímero expandido visando reduzir peso, em substituição a materiais de aterro granulares convencionais (Fig. 1.8). Tipicamente, pode apresentar massas específicas de 10 kg/m^3 a 50 kg/m^3 .
- **Geobloco ou geospuma:** bloco confeccionado com material de baixa densidade (geoexpandido) para substituição de materiais de aterros convencionais ou redução de tensões sobre outras estruturas (Fig. 1.9). Os geoblocos são leves, mas rígidos o suficiente para aplicações em obras civis. São geralmente dispostos manualmente nos locais apropriados com a utilização de poucos operários, em face do baixo peso de cada elemento. Podem ser interessantes em construção de aterros sobre solos moles, particularmente como aterros de encontros de pontes (Fig. 1.9).

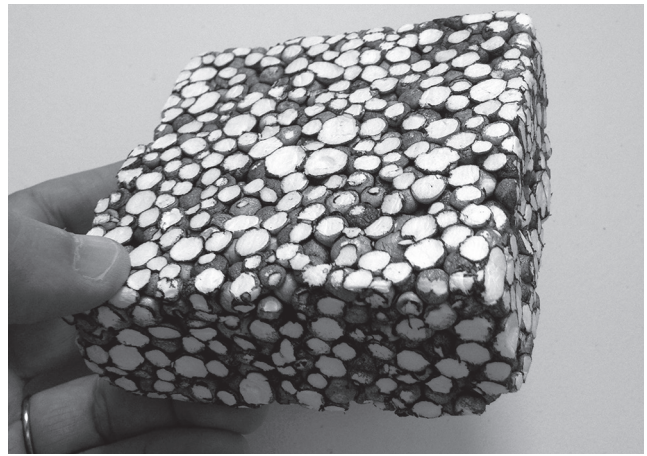


Fig. 1.8 Geoexpandido

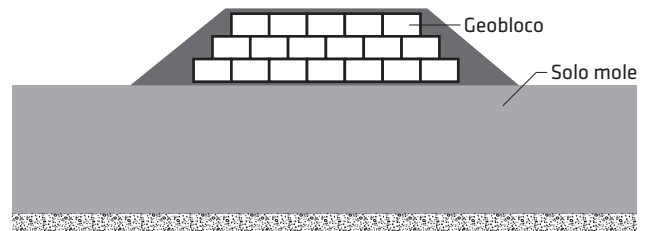


Fig. 1.9 Geoblocos em obra de aterro
Foto: cortesia de Sandro S. Sandroni.

- **Geofibra:** fibra sintética utilizada para misturas com solo visando reforço (Fig. 1.10). As fibras podem ser contínuas ou em segmentos (pequeno comprimento). Podem ser utilizadas para a construção de aterros rodoviários e bases de pavimentos ou como material de reaterro de estruturas de contenção. Uma variante dessa técnica de reforço de solo é a utilização de pequenos elementos de geogrelha misturados ao solo, no lugar das fibras individuais. Equipamentos especiais são necessários para conseguir uma mistura homogênea das fibras na matriz de solo, o que é fundamental para o bom desempenho do conjunto.

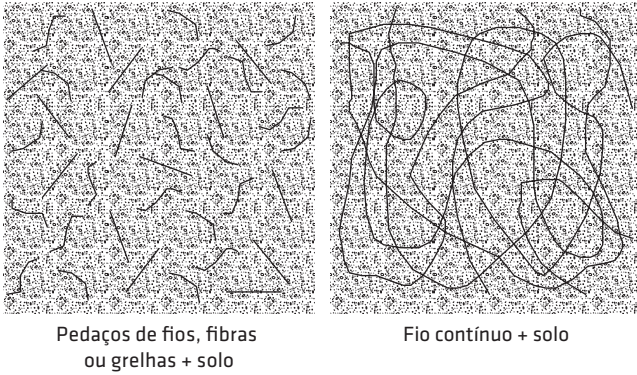


Fig. 1.10 Reforço de solo com fibras
Foto: cortesia de Maccaferri.

- **Geofôrma (GF):** estrutura confeccionada com geosintéticos (geralmente geotêxteis) visando conter materiais provisória ou permanentemente, podendo ser utilizada em obras hidráulicas, controle de erosões e redução de umidade de resíduos, por exemplo (Fig. 1.11). Geofôrmas com comprimento substancialmente maior que a largura são também conhecidas

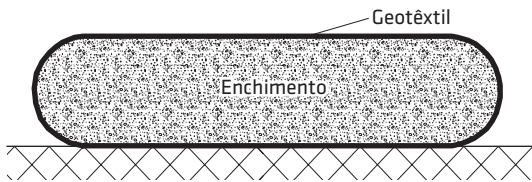


Fig. 1.11 Geofôrma
Foto: cortesia de Huesker.

como geofôrmas lineares ou geocontêineres.

- **Georrede (GN):** estrutura em forma de grelha confeccionada de modo a apresentar grande volume de vazios, sendo utilizada predominantemente como meio drenante (Fig. 1.12).

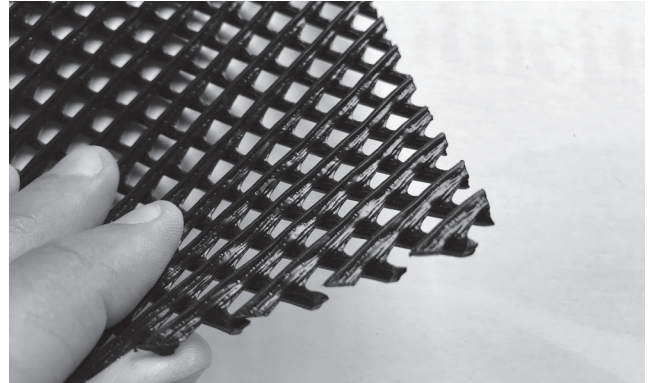
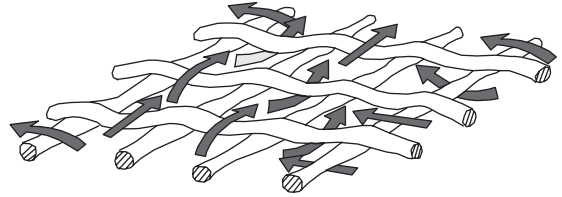


Fig. 1.12 Georrede
Foto: cortesia de Maccaferri.

- **Geomanta (GA):** manta sintética para aplicação em obras de proteção contra erosão. No caso de ser biodegradável, é conhecida como biomanta (Fig. 1.13).

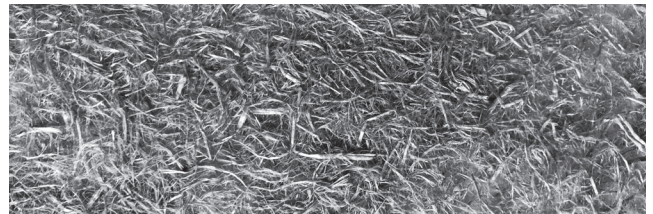
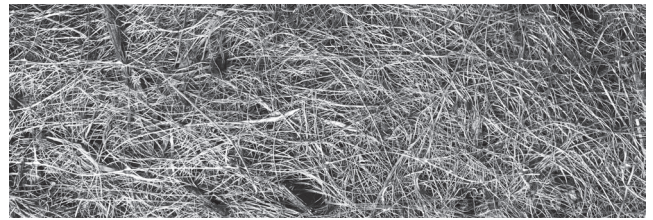
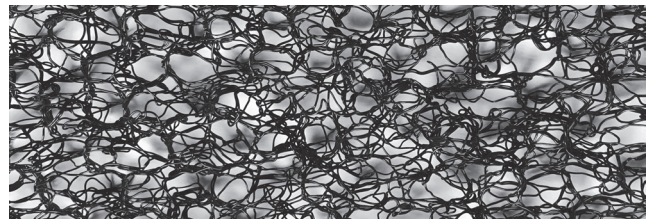


Fig. 1.13 Alguns tipos de geomanta
Fotos: cortesia de Maccaferri, Sintemax e Futerra.

- **Geomembrana (GM):** produto bidimensional com baixíssimo coeficiente de permeabilidade (tipicamente 10^{-11} cm/s a 10^{13} cm/s) e utilizado como barreira ou em separação. As geomembranas podem ser produzidas com superfícies lisas ou rugosas e com diferentes cores (Fig. 1.14). São fornecidas em rolos ou painéis com variadas dimensões, sendo os painéis soldados no campo por meio de procedimentos especiais.

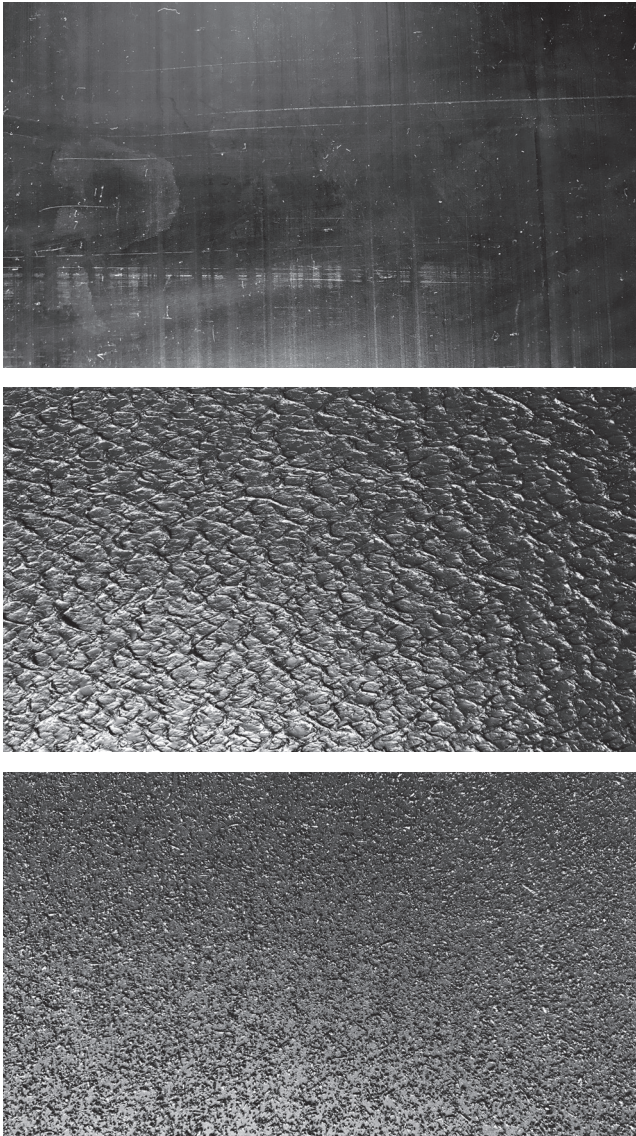


Fig. 1.14 Geomembranas (lisa e texturizadas)
Fotos: cortesia de Engepol e Neoplastic.

- **Geotubo (GP):** tubo de material sintético para utilização em obras de drenagem (Fig. 1.15). Esses tubos podem ser produzidos com perfurações, para a confecção de drenos. Têm tido aplicação crescente em obras geotécnicas e de proteção ambiental devido à facilidade de instalação e à resistência a ataques químicos e biológicos, o que favorece seu



Fig. 1.15 Geotubos
Foto: cortesia de Kanaflex.

emprego em obras de disposição de resíduos, nas quais outros materiais podem ser atacados pelos fluidos presentes.

- **Geossintético eletrocinético para drenagem (EKG):** produto polimérico condutor de eletricidade que acelera o adensamento de solos moles saturados por meio de eletrosmose (Fig. 1.16).

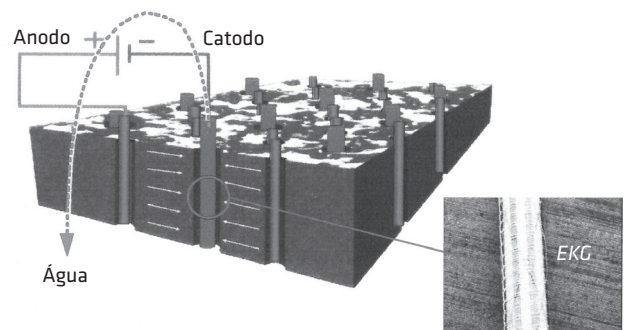


Fig. 1.16 Geossintético eletrocinético em drenagem de solos moles saturados
Fonte: modificado de Jones et al. (2006).

- **Tubos geotêxteis:** estruturas lineares formadas por tubos de geotêxtil encamisando material granular,

em forma de salsichões, para utilização em obras hidráulicas, proteção e redução de umidade de resíduos (Fig. 1.17).

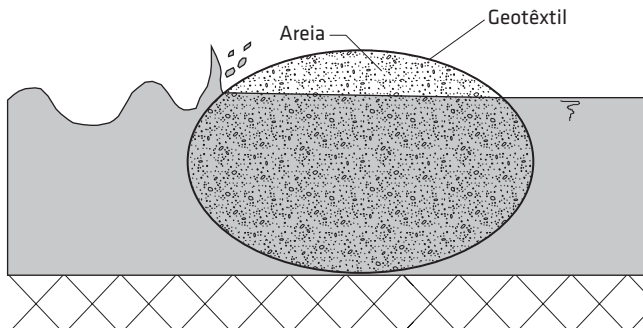


Fig. 1.17 Exemplo de aplicação de tubo geotêxtil em obra hidráulica

1.2 Funções dos geossintéticos

Uma camada de geossintético em uma obra pode ter uma ou mais das seguintes funções:

- **Reforço:** a presença da camada de geossintético tem a finalidade de reforçar um maciço de solo, confe-

rindo-lhe maior resistência mecânica e menor deformabilidade. Alguns exemplos de obras em que camadas de geossintético desempenham a função de reforço são apresentados na Fig. 1.18.

- **Drenagem:** nesse caso, o geossintético visa drenar fluidos ou gases para regiões apropriadas. A Fig. 1.19 mostra alguns exemplos de obras onde camadas de geossintético podem desempenhar a função de drenos.
- **Filtração:** o geossintético funciona como filtro de um sistema drenante (Fig. 1.19) em obras geotécnicas e geoambientais, de forma semelhante a filtros granulares convencionais. Pode também ser utilizado como elemento filtrante para a redução do potencial poluente de lixiviados e resíduos.
- **Barreira:** nesse caso, a camada de geossintético tem a função de barrar ou minimizar a passagem de fluidos ou gases. Tal aplicação é de particular importância em obras de proteção ambiental e em obras hidráulicas. Geossintéticos podem também funcionar como barreiras de sedimentos em obras de controle de erosões ou para retardar a movimen-

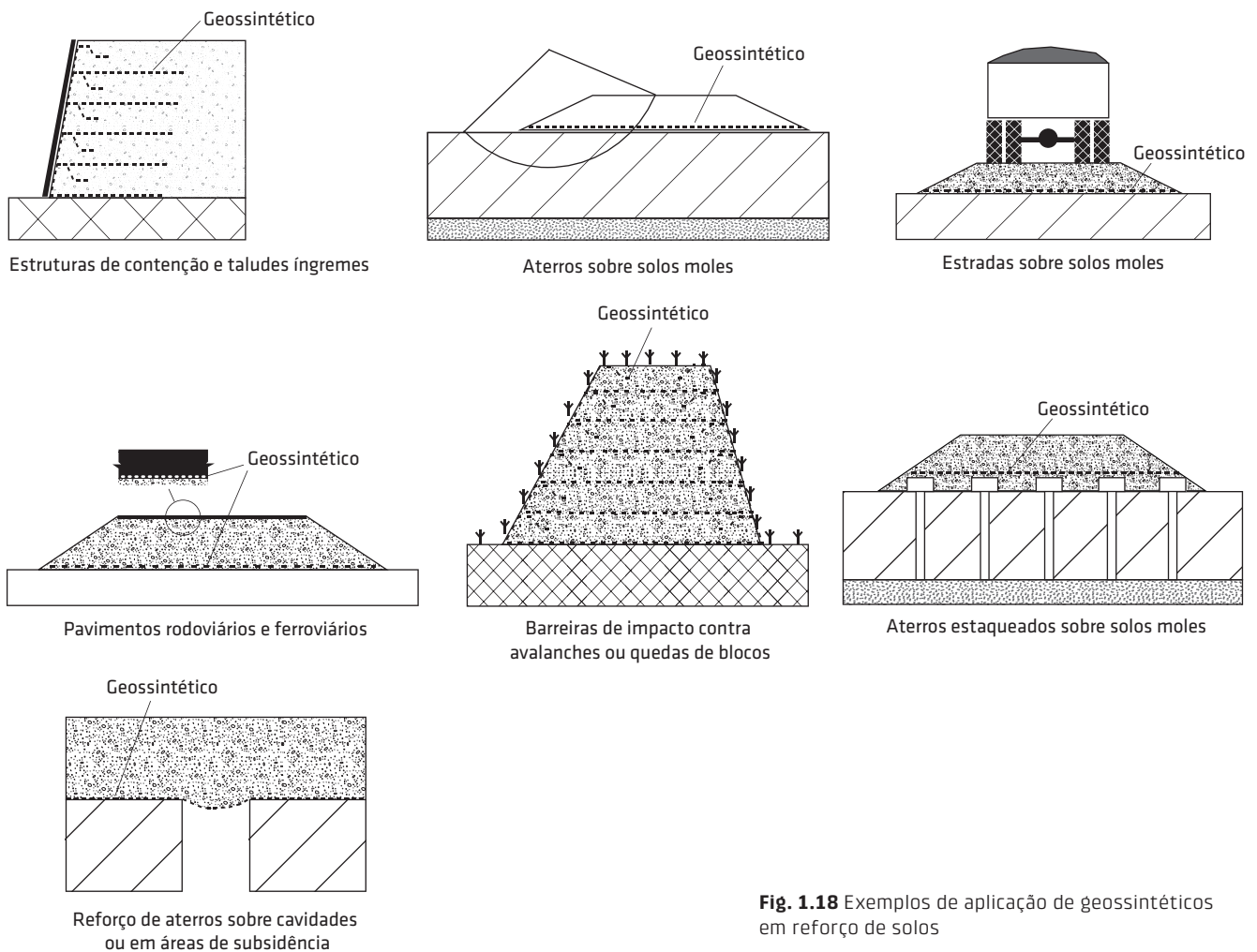


Fig. 1.18 Exemplos de aplicação de geossintéticos em reforço de solos

tação de dunas. A Fig. 1.20 apresenta exemplos de geotêxteis funcionando como barreiras.

- **Separação:** a camada de geossintético (tipicamente geotêxteis) tem a finalidade de separar materiais, como exemplificado na Fig. 1.21.
- **Proteção:** nesse tipo de função, o geossintético é utilizado para proteger uma camada de solo contra a erosão ou para proteger outra camada de geossintético (contra danos mecânicos, por exemplo), como esquematizado na Fig. 1.22.
- **Outras funções:** geossintéticos podem também ser usados como camada para aumentar ou reduzir a aderência entre superfícies (Fig. 1.22), como camada para diminuir tensões sobre estruturas e como materiais leves para aterros (geoexpandidos), como mostra a Fig. 1.23.

O Quadro 1.1 sumaria as funções de geossintéticos em obras geotécnicas e de proteção ambiental.

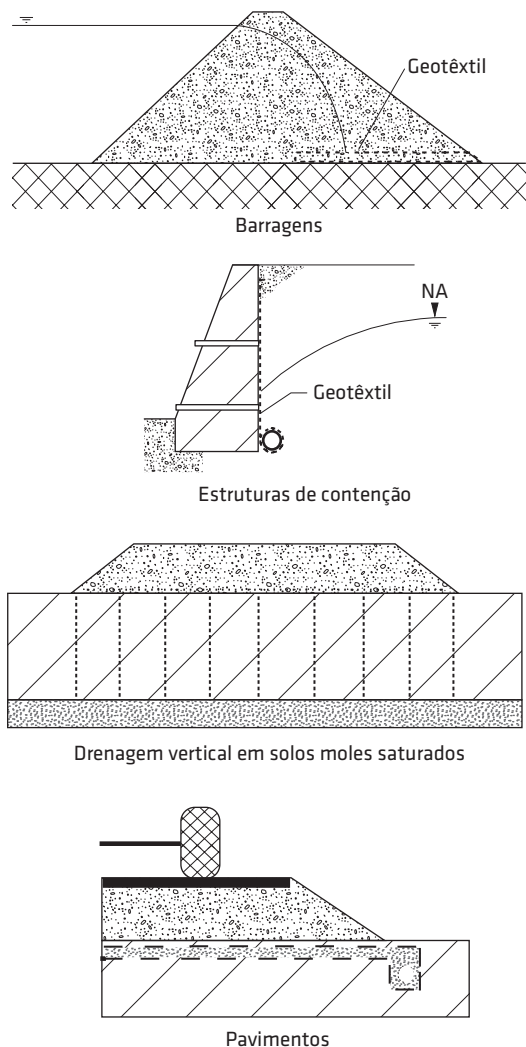


Fig. 1.19 Exemplos de aplicação de geossintéticos como drenos e filtros

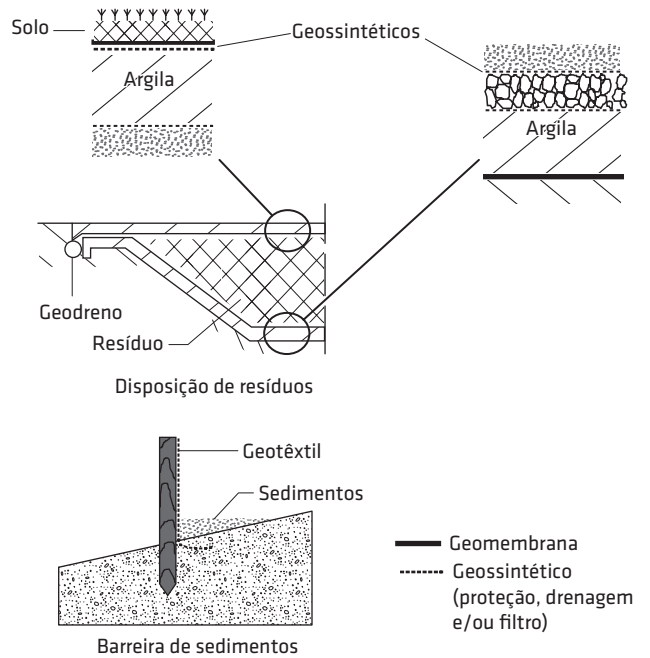


Fig. 1.20 Exemplos de aplicação de geossintéticos como barreiras

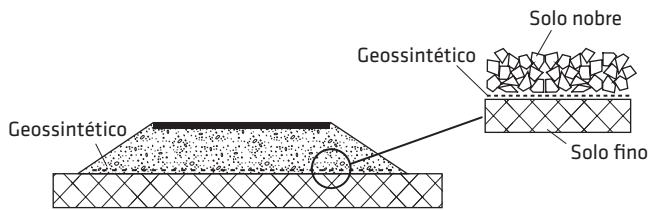


Fig. 1.21 Exemplo de aplicação de geossintéticos em separação em obras de pavimentação

1.3 Sustentabilidade e geossintéticos

A energia consumida pode ser um fator determinante no custo de fabricação de um material de construção. A fabricação de plásticos consome consideravelmente menos energia que a de outros materiais de engenharia. Por exemplo, o custo da energia utilizada na fabricação de alguns componentes metálicos comuns (alumínio e aço, por exemplo) corresponde a cerca de 70% a 80% do custo final do componente. Já no caso de plásticos, o custo relativo ao consumo de energia varia tipicamente entre 40% (PVC) e 55% (PEAD) do custo final do plástico (Crawford, 1998). Assim, no que se refere a geossintéticos, esse aspecto, associado à menor utilização de equipamentos e de água e à maior facilidade de execução, pode resultar em obras cujas construções provoquem menores impactos ambientais que as aplicações de soluções de engenharia convencionais.

Vários trabalhos na literatura (Stucki et al., 2011; Frischknecht et al., 2012; Heerten, 2012; Damians et al.,

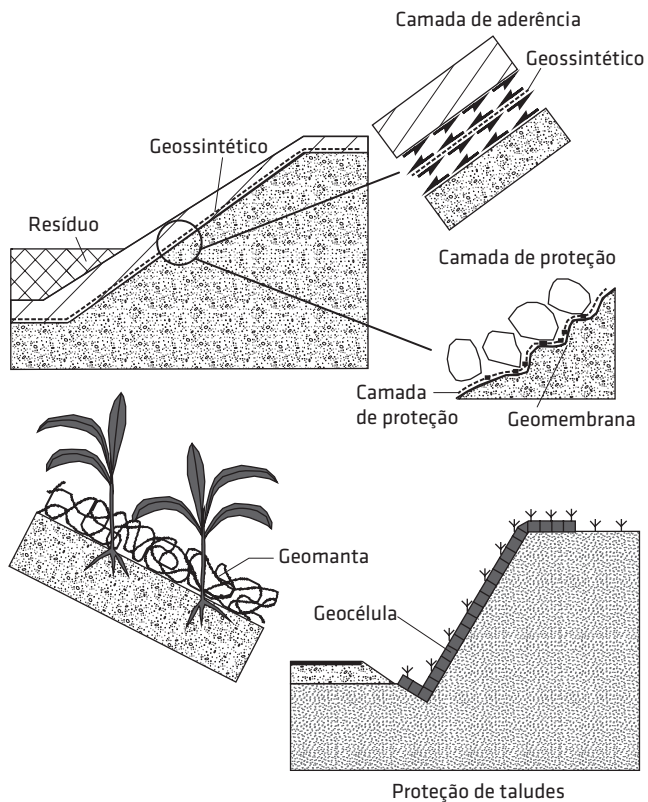


Fig. 1.22 Exemplos de aplicação de geossintéticos como proteção ou camada de aderência

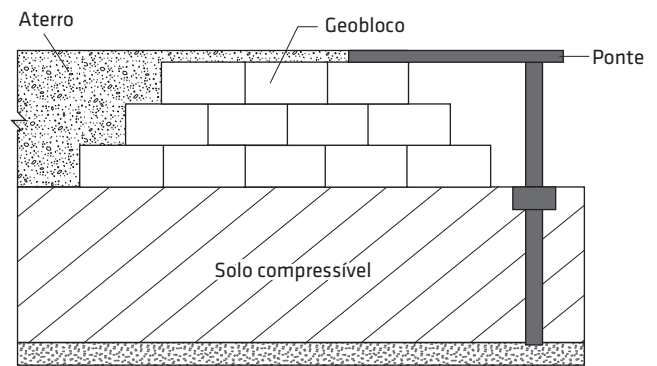


Fig. 1.23 Exemplo de aplicação de geoblocos de poliestireno expandido como aterro leve

2016) têm mostrado que a utilização de geossintéticos favorece a adoção de soluções de engenharia mais sustentáveis que as convencionais, com menos emissões de gases nocivos à atmosfera e reduções de consumo de água e de fontes de energia, por exemplo. Stucki et al. (2011) e Frischknecht et al. (2012) avaliaram impactos ambientais provocados por diferentes soluções geotécnicas com e sem geossintéticos. Foram analisados fatores como emissão de gases nocivos à atmosfera, consumo de água, eutrofização, acidificação, consumo de energia renovável e de energia não renovável, entre outros. A Fig. 1.24A-C

Quadro 1.1 TIPOS DE GEOSSINTÉTICO E PRODUTOS DERIVADOS E SUAS APLICAÇÕES TÍPICAS

Tipo	Função						
	Reforço	Separação	Drenagem	Filtração	Barreira	Proteção	Outra
Geoblocos							✓(1)
Geocélulas	✓					✓	✓(2)
Geocompostos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Geocontêineres			✓			✓	✓
Geofôrmas			✓			✓	✓(2, 9)
Geodrenos			✓	✓			
Geoespaçadores			✓				
Geofibras	✓						
Geogrelhas	✓						✓(3)
Geomantas						✓	✓(4)
Geomembranas		✓			✓	✓	
Georredes			✓				
Geotêxteis	✓	✓	✓	✓	✓(5)	✓	✓(3, 6)
Geotiras	✓						
Geotubos			✓				
EKG ⁽⁸⁾			✓				✓(7)
Tubos geotêxteis			✓			✓	✓(8, 9)

Notas: (1) material de preenchimento ou aterros de baixa densidade e redução de pressões sobre estruturas de contenção; (2) estrutura de contenção, quando empilhadas convenientemente; (3) confinamento de material granular em colunas granulares; (4) dependendo do produto, fixação para favorecimento à germinação de sementes; (5) se geotêxtil não tecido impregnado por asfalto, como barreira capilar ou barreira para sedimentos; (6) camada de aderência/interface entre materiais; (7) melhoria e descontaminação de terrenos; (8) drenos eletrocinéticos; (9) estruturas de contenção, favorecimento ou restauração de *habitat* marinhos naturais, alteração de características hidráulicas (geração ou desvio de ondas, por exemplo).

apresenta alguns dos problemas geotécnicos investigados em que soluções utilizando geossintéticos podem ser empregadas em substituição às convencionais (Palmeira, 2016). Nesses casos, foram avaliados impactos ambientais provocados por soluções envolvendo filtro de areia e filtro

geotêxtil (Fig. 1.24A), camada granular drenante e geocomposto para drenagem em sistema de cobertura de aterro sanitário (Fig. 1.24B) e muros de contenção de concreto e reforçado com geotêxtil (Fig. 1.24C). A Fig. 1.24D mostra que a utilização de um filtro geotêxtil em um pavimento

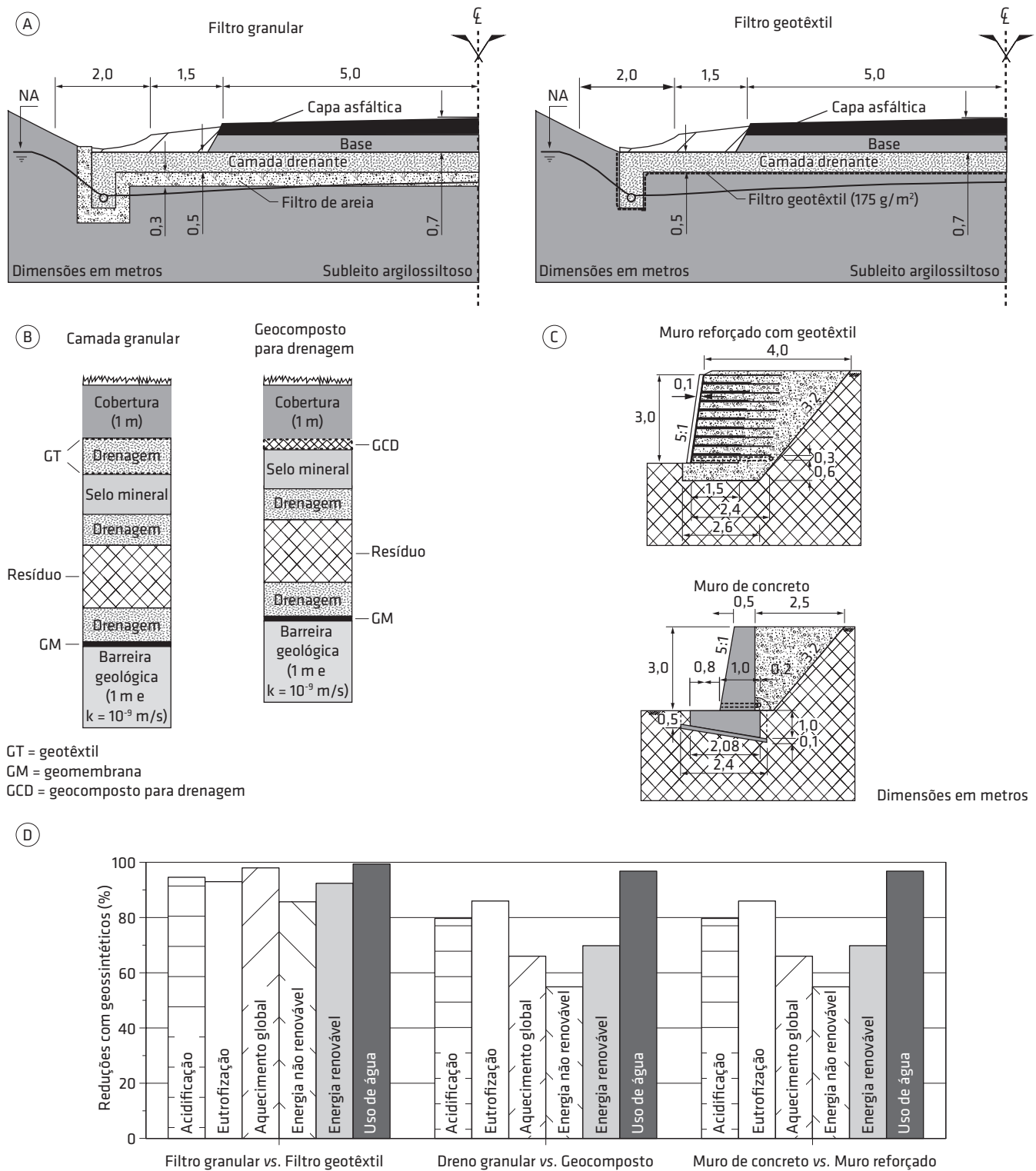


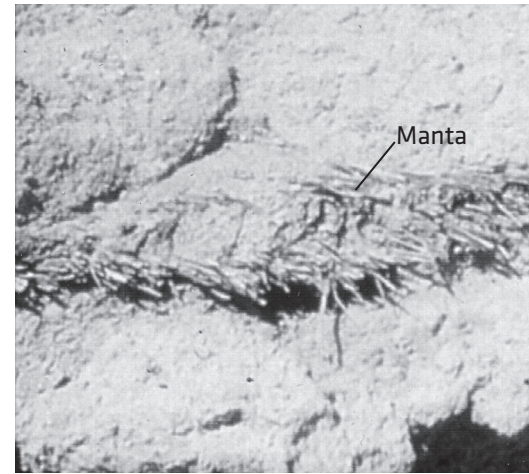
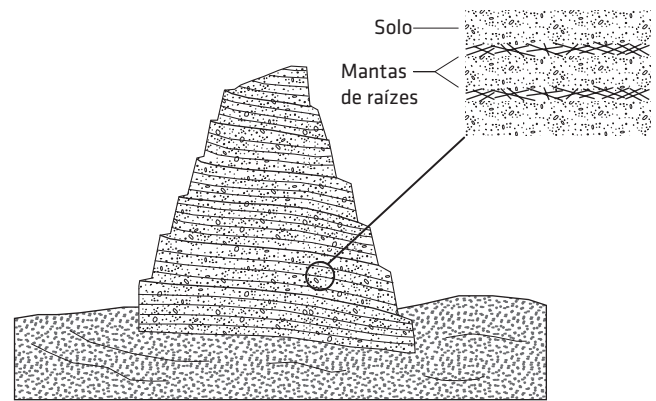
Fig. 1.24 Comparações entre impactos ambientais de diferentes soluções: (A) filtro geotêxtil *versus* filtro granular em pavimento rodoviário; (B) dreno granular *versus* geocomposto drenante; (C) muro reforçado *versus* muro de concreto; (D) comparações entre soluções convencionais e soluções com geossintéticos
Fonte: modificado de Palmeira (2016), com dados de Stucki et al. (2011) e Frischknecht et al. (2012).

rodoviário (Fig. 1.24A) pode reduzir em cerca de 85% os impactos ambientais que seriam produzidos por um filtro de areia tradicional. Reduções entre 55% e 98% em impactos ambientais poderiam ser obtidas com a utilização de um geocomposto para drenagem, em vez de dreno granular (Fig. 1.24B), em sistema de cobertura de aterro sanitário, com consumo de água 98% menor. Reduções de impactos ambientais entre 68% e 83% foram também obtidas com a utilização de muro de contenção reforçado com geossintético em comparação com a solução tradicional de muro de gravidade de concreto (Fig. 1.24C,D). Na medida em que soluções de engenharia que produzam menos impactos ambientais são cada vez mais importantes, certamente aumentará a utilização de soluções com geossintético.

Geossintéticos podem também ser empregados como forma de viabilizar o uso de materiais de construção não convencionais ou de resíduos. Santos (2011), Santos, Palmeira e Bathurst (2014) e Góngora (2011) apresentaram resultados de desempenhos de muros reforçados com geossintéticos e de estradas não pavimentadas sobre solos fracos em que se empregaram resíduos de construção e demolição reciclados como materiais de aterro. Soluções com geossintéticos combinados com o emprego de pneus usados, resíduos de construção, garrafas PET, tampas de garrafas usadas e solos de baixa qualidade podem ser encontradas em Palmeira (1981), Paranhos, Palmeira e Silva (2003), Rezende (2003), Silva (2004), Fernandes (2005), Junqueira, Silva e Palmeira (2006), Palmeira, Silva e Junqueira (2007), Silva (2007), Silva e Palmeira (2007) e Palmeira (2016), por exemplo.

1.4 Histórico e evolução na utilização de geossintéticos

A utilização de inclusões visando reforçar um solo, embora possa parecer uma técnica recente, na verdade remonta à Antiguidade. Exemplos disso são as muralhas de *ziggurat* de Agar Quf, na Mesopotâmia, construídas em 1.400 a.C. com a utilização de mantas feitas de raízes como elementos de reforço. A Fig. 1.25 esquematiza como eram construídas tais estruturas, algumas com até cerca de 90 m de altura (Holtz, 2015), com partes delas ainda existentes nos dias de hoje. Citações bíblicas reportam aplicações semelhantes, e trechos da Muralha da China também foram construídos utilizando-se a técnica de reforço de solos. Os incas construíram estradas para o acesso a templos empregando misturas de solo a lã de vicunha (animal parente das lhamas), que também resistem ao tempo. John (1987) cita o uso de mantas de algodão, em 1927, pelo Departamento de Estradas da Carolina do Sul (EUA), como reforço de camadas asfálticas em pavimentos.



Trecho de um *ziggurat*

Fig. 1.25 *Ziggurats*
Foto: J. P. Giroud.

Na década de 1960, o engenheiro Henri Vidal fez reviver a técnica de reforço de solos por inclusões por meio da utilização de tiras metálicas em aterros, solução conhecida como terra armada.

O emprego de elementos sintéticos de reforço oriundos da indústria petroquímica é mais recente. Os precursores em tal utilização foram provavelmente os holandeses e os americanos, na década de 1950. O início da década de 1970 trouxe uma aceleração no uso desses materiais. Só nessa década, na América do Norte, a utilização de geotêxteis cresceu de 2 para 90 milhões de metros quadrados (John, 1987). A Fig. 1.26 apresenta a evolução no consumo de diferentes tipos de geossintético na América do Norte a partir do final da década de 1970 até meados da década de 1990. Pode-se observar que uma sensível aceleração na utilização de geotêxteis se dá nos anos 1970. Já outros tipos de geossintético, mais ligados às aplicações de proteção ambiental, têm seus usos incrementados no início dos anos 1980, particularmente em decorrência de maior rigor e mudanças em legislações ambientais de países desenvolvidos. Apesar desse crescimento em utilização, nos anos 1980 o emprego desses materiais em engenharia civil representava apenas cerca de 1% do mercado de fibras

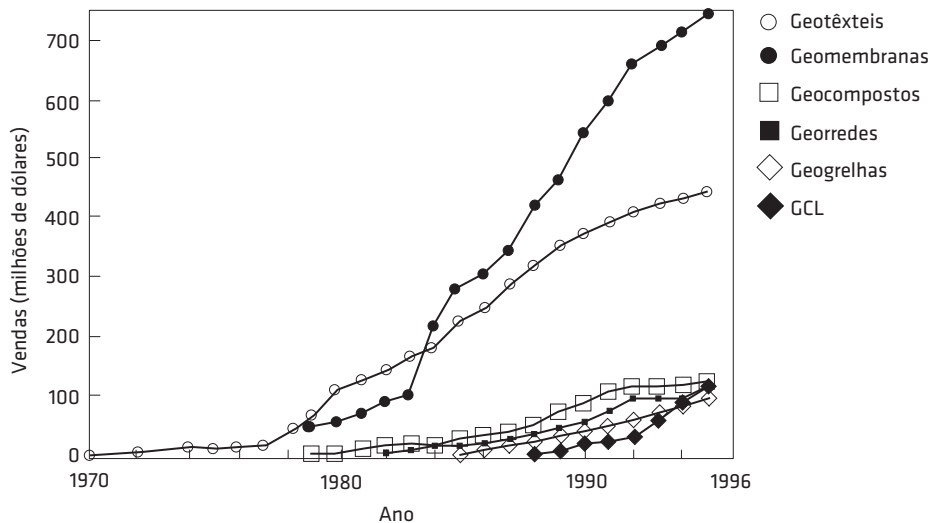


Fig. 1.26 Crescimento de vendas de alguns geossintéticos de 1970 a 1995
Fonte: Koerner (1998).

industriais e cerca de apenas 0,25% do mercado mundial de materiais têxteis (John, 1987).

A Fig. 1.27 apresenta a distribuição de tipos de aplicação de geotêxteis na América do Norte. Pode-se observar a percentagem considerável de aplicações ligadas à proteção do meio ambiente e a obras rodoviárias.

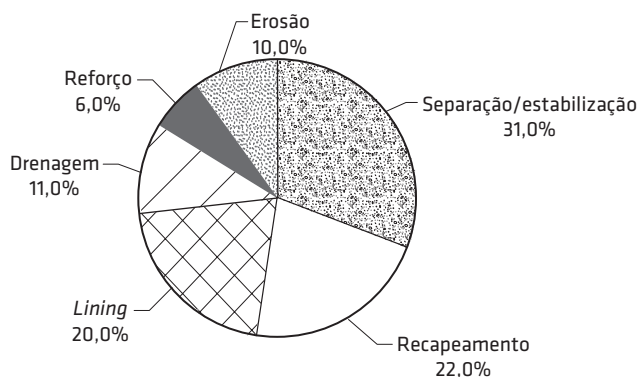


Fig. 1.27 Utilização de geotêxteis na América do Norte
Fonte: Ifai (1996)

No Brasil, o emprego de geossintéticos, embora acelerado nas últimas duas décadas, ainda pode ser considerado tímido em comparação ao de países desenvolvidos, e até inferior ao de países com economias ou extensões territoriais menores. As principais razões para o contínuo crescimento de sua utilização em obras geotécnicas e de proteção ambiental são:

- contínuo aprimoramento e melhoria da qualidade dos geossintéticos para uso em obras de engenharia;
- redução de custos dos geossintéticos;
- redução do tempo de execução de obras;
- melhoria das metodologias de projeto, resultados de pesquisas e observações de casos históricos com geossintéticos;

- facilidade de transporte para regiões remotas ou com escassez de materiais naturais;
- custo competitivo quando comparado ao de soluções tradicionais de engenharia;
- maior rigidez e controle de utilização de materiais naturais tradicionais em virtude de imposições de ordem ambiental;
- o uso de geossintéticos pode resultar em soluções de engenharia sustentáveis e com menores impactos ao meio ambiente.

Como é comum para novos materiais e técnicas construtivas, a utilização de geossintéticos em obras civis cresceu a uma velocidade muito superior à do desenvolvimento de pesquisas no assunto. Assim, a maioria das obras iniciais em que tais materiais foram usados certamente foi projetada de forma muito conservadora à luz do conhecimento atual. Nos dias de hoje se observam projetos cada vez mais arrojados e impensáveis há alguns anos.

1.5 Desenvolvimento dos geossintéticos no Brasil

O emprego de geossintéticos no Brasil remonta ao início dos anos 1970, e mais aceleradamente a partir da década de 1990. Os geotêxteis foram provavelmente os primeiros tipos de geossintético a serem utilizados em obras geotécnicas no país, há cerca de 40 anos, principalmente em aplicações ligadas a drenagem e filtração. Pouca ou nenhuma informação está disponível na literatura técnica sobre essas obras pioneiras, com exceção de relatos superficiais de profissionais envolvidos nelas. Registre-se que, nessa fase pioneira, a participação de profissionais ligados às empresas fabricantes de geossintéticos foi de fundamental importância para o início da consolidação dos geossintéticos como materiais de construção no país.

Nos anos 1970, os geotêxteis eram do conhecimento de um limitado número de profissionais geotécnicos no país. A falta de informações (até em nível mundial) sobre tais produtos, associada a uma certa relutância em aceitar plásticos como materiais de qualidade pela comunidade técnica, comprometia a confiabilidade dos geossintéticos como componentes de obras geotécnicas. Não raro os fabricantes desses materiais não dispunham de dados e informações técnicas relevantes sobre seus produtos para a engenharia nem de pessoal especialmente qualificado para um perfeito diálogo com projetistas e executores de obras. A falta de informação técnica sobre o assunto e os produtos e a falta de resultados de pesquisas sobre a utilização de geossintéticos sob condições típicas nacionais foram certamente algumas das principais causas do atraso na aceitação desses materiais no Brasil, em comparação ao ocorrido em outros países. Sob esse aspecto, a situação atual é totalmente diferente. No final dos anos 1970 e início dos anos 1980, o interesse por esses materiais e sua utilização começaram a acelerar no Brasil, envolvendo não só aplicações em drenagem e filtração, mas também como reforço de solos.

Em meados da década de 1970, foram realizados ensaios pioneiros em geotêxteis em laboratórios de empresas e em instituições tecnológicas e de pesquisa no país

(Geomecânica S.A., Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo e Coppe/UFRJ, por exemplo) visando à definição de parâmetros ou propriedades básicas para subsidiar projetos. Ao final da década de 1970, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (IPR/DNER) iniciou a construção de aterros experimentais instrumentados sobre solos moles na Baixada Fluminense, no Rio de Janeiro. Parte dessa pesquisa envolveu o estudo de geotêxteis como elementos de reforço de aterros sobre solos moles, com a construção de uma estrada não pavimentada reforçada (Palmeira, 1981) e de aterros sobre colchão de geotêxtil e sobre geocompostos para drenagem vertical (drenos pré-fabricados).

A Fig. 1.28 sintetiza alguns marcos na evolução dos geossintéticos no Brasil e no exterior. Pode-se observar que a maior parte dos fatos relevantes no país ocorreu após 1980. Passos importantes para a disseminação desses materiais no país foram a criação da Comissão de Geossintéticos da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS), no início dos anos 1980, e a realização do primeiro evento nacional sobre geossintéticos. A comissão da ABMS ficou inativa por algum tempo e foi reativada em 1992, quando da realização do I Simpósio Brasileiro de Geossintéticos (Geossintéticos'92), em Brasília. Outro marco importante foi a criação da seção

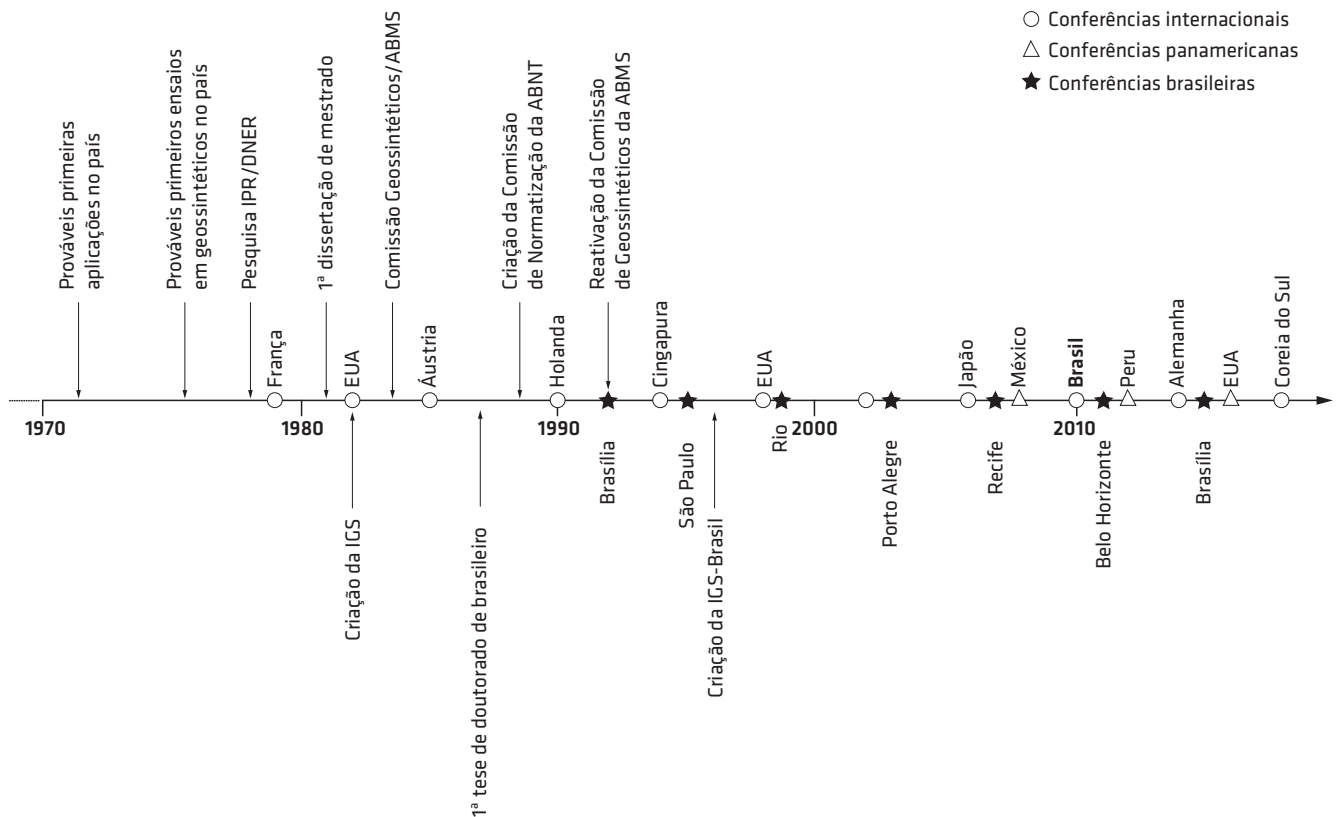


Fig. 1.28 Marcos nacionais e internacionais relevantes para a evolução dos geossintéticos
 Fonte: modificado de Palmeira (1995).

brasileira da International Geosynthetic Society (IGS), IGS-Brasil, em 1996. Desde então, a IGS-Brasil e a Comissão de Geossintéticos da ABMS vêm fomentando a disseminação do conhecimento sobre geossintéticos por meio de eventos científicos, cursos, palestras, simpósios, boletins informativos etc., com expressivo apoio de fabricantes de geossintéticos. Nesse contexto, foi importante também a criação da Comissão de Normalização de Geossintéticos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por muitos anos sob a coordenação da Prof^a. Delma Vidal, envolvendo vários estudiosos no assunto, para a elaboração de normas brasileiras sobre geossintéticos. A comprovação da consolidação dos geossintéticos no Brasil pode

também ser exemplificada pela realização, em 2010, com sucesso, da IX Conferência Internacional de Geossintéticos (9ICG), na cidade de Guarujá, em São Paulo.

No plano mundial, atualmente existe um grande número de eventos técnicos e científicos sobre geossintéticos, muitos deles organizados sob os auspícios ou pela IGS. A cada quatro anos são realizados eventos regionais na Europa, na Ásia e na América, além de eventos nacionais em um grande número de países. No Brasil, já foram realizadas sete conferências nacionais e inúmeros eventos regionais e locais. Tal nível de atividades evidencia a pujança dos geossintéticos no cenário técnico-científico mundial.